

## EL TIEMPO, EL CLIMA Y EL AIRE QUE RESPIRAMOS

*Rosa García Marín, Alberto Cansado Auría*

El tiempo y el clima están vinculados de manera significativa a la salud humana. Por ejemplo, pueden provocar muertes por olas de calor o por desastres naturales tales como inundaciones, tornados o rayos y determinar las zonas propicias para que enfermedades transmitidas por mosquitos puedan propagarse.

Junto a otros factores definen las zonas de producción de alimentos. Alteraciones en los patrones de precipitación o de temperaturas podrían llegar a provocar cambios en la distribución y la naturaleza de los cultivos en amplias regiones de la Tierra.

Finalmente, los parámetros meteorológicos condicionan la formación, transporte y depósito de contaminantes químicos e influyen en la calidad del aire que respiramos. La contaminación atmosférica tiene dos orígenes bien diferenciados. Por un lado causas naturales como erupciones volcánicas, incendios, polvos, sales marinas o emisiones de la vegetación y por otro causas antropogénicas como el tráfico, la quema de combustibles fósiles, la minería o la industria.

La Organización Mundial de la Salud considera que un aire limpio es un requisito básico en el bienestar y salud humanos atribuyendo más de dos millones de muertes prematuras anuales a los efectos de la contaminación del aire.

La calidad del aire es un elemento clave en la calidad de vida de los ciudadanos. Está regulada por la legislación de la Unión Europea y requiere obtener valores fiables de los distintos contaminantes incluso con herramientas de modelización donde no sea posible disponer de datos observacionales, proporcionar información al público, predecir las posibles excedencias de los valores límite y elaborar planes de acción para recuperar valores por debajo de los distintos umbrales establecidos. Todo ello involucra a un gran número de administraciones a nivel europeo, nacional, autonómico y local.

El interés de la comunidad científica y de la población en general por la calidad del aire que respiramos es creciente. Hoy en día los epidemiólogos reconocen que la contaminación atmosférica puede llegar a restar varios meses de esperanza de vida dependiendo de la calidad del aire que se respira. Asimismo es bien conocido el aumento de mortalidad y morbilidad tras un episodio de contaminación, especialmente la debida a óxidos de nitrógeno  $\text{NO}_x$ , ozono  $\text{O}_3$  o material particulado PM, más dañino cuanto más fino.

El coste global para el sistema sanitario de la contaminación atmosférica es muy alto ya que conlleva un incremento significativo de ingresos hospitalarios por afecciones pulmonares o agravamiento de procesos crónicos.

Las actividades de la Agencia Estatal de Meteorología AEMet en relación a la calidad del aire se concretan en dos aspectos. Por un lado se encuentra la observación de los parámetros que la definen y por otro la de modelización química.

### **Observación**

Las redes radiométricas nacionales y de contaminación de fondo de la AEMet constituyen la contribución de España a los programas mundiales de vigilancia de la atmósfera y del clima mediante la medida de la radiación solar, el contenido de ozono, los aerosoles atmosféricos, los gases reactivos y otros contaminantes así como de la composición química de la precipitación. Los datos obtenidos son de aplicación en la vigilancia del estado y la evolución de la composición química de la atmósfera y del clima, la calidad del aire, la salud o las energías renovables.



Estas redes tienen como objetivo proporcionar observaciones de alta calidad a la comunidad científica, gobiernos y organizaciones internacionales, destinadas a facilitar la comprensión de los cambios producidos en la atmósfera a escala regional y global, ayudar a establecer políticas de protección al medio ambiente y a entender el impacto de la química atmosférica sobre: el aumento del efecto invernadero, la disminución del agujero de ozono y el cambio climático. Por ello son parte fundamental del apoyo de la AEMet a las políticas medioambientales del gobierno de España.

Las redes especiales de observación desplegadas a nivel nacional por la AEMet para la vigilancia del medio ambiente las podemos agrupar en dos tipos: las redes radiométricas que miden radiación solar en banda ancha o en intervalos espectrales (a partir de las cuales se obtienen estimaciones de la columna de ozono y características ópticas de los aerosoles atmosféricos), y la red EMEP/VAG/CAMP de contaminación de fondo regional.

Dentro del objetivo de la vigilancia de la radiación, el contenido de ozono y los aerosoles atmosféricos, la AEMet cuenta con la red Radiométrica en Banda Ancha, la red de Espectrofotómetros Brewer, la red de Fotómetros Solares CIMEL y con el programa asociado a estas redes de sondeos de ozono establecido para conocer la distribución vertical del ozono en la atmósfera.

La red EMEP/VAG/CAMP atiende a diversos compromisos internacionales de vigilancia y control de la contaminación atmosférica que se define en la Ley de Calidad del Aire y Protección de la Atmósfera (ley 34/2007 de 15 de noviembre) «como la presencia en la atmósfera de materias, sustancias o formas de energía que impliquen molestia grave, riesgo o daño para la seguridad o la salud de las personas, el medio ambiente y demás bienes de cualquier naturaleza».

Esta red tiene como objetivo proporcionar valores de los contaminantes representativos de las concentraciones a escala regional. Para ello las estaciones de medida se sitúan lejos de grandes fuentes de contaminación como ciudades, industrias, centrales eléctricas, refinerías, autopistas y explotaciones ganaderas. Deben de evitar valles y otras zonas susceptibles de formar masas de aire estacionarias bajo condiciones de inversión, cimas y puertos de montaña, así como zonas expuestas a fuertes vientos. El área representada por cada estación varía según los valores de la contaminación de fondo en cada zona, pero en cualquier caso será superior a la resolución horizontal de los actuales modelos de calidad del aire (en general del orden de 50 km).

Los niveles fijados para la contaminación se basan en valores recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) resultantes de estudios epidemiológicos realizados sobre amplios sectores de población. Dichos valores son recogidos por las Directivas europeas que a su vez son transpuestas a la legislación nacional. Según los compuestos se establecen diferentes valores límites horarios, diarios o anuales, valores objetivo para la protección de la salud humana o de la vegetación, umbrales de información o de alerta a la población y en algunos casos, igualmente se determina el número de veces que pueden superarse algunos de estos valores a lo largo de un año.

La citada ley de calidad del aire define el umbral de información como el «nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud de los sectores especialmente vulnerables de la población y que requiere el suministro de información inmediata y apropiada» y define el umbral de alerta como el «nivel a partir del cual una exposición de breve duración supone un riesgo para la salud humana que afecta al conjunto de la población y que requiere la adopción de medidas inmediatas».

Los resultados obtenidos en las estaciones de la red española EMEP/VAG/CAMP, reflejo de la calidad del aire a escala regional, muestran que no se superan los valores vigentes de los promedios anuales para ningún contaminante. Sin embargo, respecto al ozono superficial prácticamente en todas las estaciones de la red se producen numerosas superaciones del valor objetivo para la protección de la salud humana, fijado en 120



$\mu\text{g.m}^{-3}$  (media móvil de 8 horas), entre los meses de abril y septiembre. Este umbral de  $120 \mu\text{g.m}^{-3}$  es un objetivo para el 2010, pudiéndose superar hasta 25 veces al año. La exposición prolongada a valores elevados de ozono está asociada con efectos fisiológicos e inflamatorios en los pulmones; la OMS sugiere un aumento de la mortalidad diaria del orden del 0,3-0,5% por cada incremento de  $10 \mu\text{g.m}^{-3}$  en las concentraciones de ozono durante ocho horas por encima de un nivel de referencia de  $70 \mu\text{g.m}^{-3}$ , que es el valor estimado de fondo de ozono. Sin embargo reconoce que en algunos lugares puede superarse este valor sólo por la influencia de causas naturales: compuestos orgánicos volátiles –precursores del ozono– procedentes de la vegetación, fuerte insolación e intrusiones descendentes del ozono estratosférico hacia la troposfera.

Debido a nuestra situación geográfica, a lo largo del año se producen numerosas superaciones en los valores medios diarios de PM10 respecto al valor legislado de  $40 \mu\text{g.m}^{-3}$ . En ocasiones pueden deberse únicamente a causas naturales como intrusiones de polvo sahariano y resuspensión y transporte de polvo procedente de los suelos áridos y con escasas precipitaciones. Las partículas de diámetro aerodinámico inferior a  $10 \mu$  llegan hasta los pulmones y producen enfermedades respiratorias como asma y alergia, las de tamaño inferior a  $2.5 \mu$ , predominantes en ambientes urbanos e industriales, participan además en el intercambio de gases pudiendo pasar al torrente sanguíneo lo que causa enfermedades circulatorias como arterioesclerosis; además, según su composición, pueden ser mutagénicas y carcinogénicas, ocasionar destrucción de los tejidos o producir trastornos hormonales.

Los datos llegan a AEMet en tiempo casi real vía GPRS donde son tratados, validados y distribuidos a organismos internacionales como la Agencia Europea de Medio Ambiente o el Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio.

## **Modelización**

En cuanto a las actividades de modelización de la calidad del aire, se trata de unas tareas que se ha iniciado recientemente en la Agencia Estatal de Meteorología como apoyo a las políticas medioambientales del Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino y que permitirán a la AEMet estar en condiciones de proporcionar predicciones de concentraciones de especies químicas de interés hasta 48 horas mediante la ejecución operativa de un modelo de transporte químico (CTM) acoplado a su modelo operativo de predicción del tiempo. Un modelo de transporte químico se centra en representar en su dominio, de forma precisa, el ciclo completo de las diferentes especies químicas, resolviendo la ecuación de continuidad para cada una de ellas y teniendo en cuenta procesos como los flujos (advección), producción y pérdida química y la deposición.

Para llevar a cabo esta tarea el modelo de transporte químico necesita principalmente dos cosas: las emisiones y los forzamientos meteorológicos.

En el caso de AEMet se ha establecido una colaboración con Météo France para correr el modelo de transporte químico MOCAGE. MOCAGE es un modelo global que permite hasta un máximo de 3 niveles de anidamiento. La configuración que se va a ejecutar en AEMET será modelo global a  $2^\circ$  de resolución, nivel Continental-Atlántico a  $0.5^\circ$  de resolución y nivel Nacional a  $0.1^\circ$  de resolución. La resolución vertical será de 47 niveles. Los forzamientos meteorológicos necesarios para correr MOCAGE provendrán de los campos meteorológicos globales del modelo del Centro Europeo de Predicción a Plazo Medio (CEPPM) y en los niveles Continental-Atlántico y Nacional con los campos de la pasada operativa de HIRLAM a  $0.16^\circ$  y  $0.05^\circ$  de resolución.

Actualmente se está trabajando en la adaptación de los modelos CEPPM y HIRLAM para poder ser utilizados por MOCAGE como forzamientos meteorológicos. MOCAGE ya ha sido probado con éxito en las instalaciones de AEMet.

Por otra parte AEMet participa en el Proyecto MACC (Monitoring Atmospheric Composition and Climate). MACC es un proyecto europeo financiado por el séptimo programa marco de la Unión Europea para la investigación (7FP) en el que participan 45 instituciones de 18 países europeos más el CEPPM y el Joint Research Center (JCR), entre ellas 11 institutos meteorológicos. La coordinación del proyecto recae sobre el CEPPM. El trabajo principal que realizará AEMet para este proyecto es la contribución a una mejor caracterización de la química atmosférica en la cuenca mediterránea que tiene peculiaridades debidas, entre otras razones, a la intensa radiación solar recibida mediante el estudio de episodios de contaminación con MOCAGE. El proyecto MACC se iniciará a mediados de 2009 y tiene una duración de 29 meses.

Por último, mencionar que la Agencia Estatal de Meteorología también participa en la acción de cooperación científico-técnica COST ES0602 que busca dar los pasos encaminados al establecimiento de una red europea de predicción de calidad del aire.